

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 合作與解釋影響科學推理作業的機制：口語資料之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2511-S-009-009-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系

計畫主持人：洪瑞雲

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 合作與解釋影響科學推理作業的機制：語文資料分析

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC 91 - 2511 - S - 009 - 009 -

執行期間：91年8月1日至92年7月31日

計畫主持人：洪瑞雲

執行單位：交通大學工業工程與管理系

中華民國 92 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 合作與解釋影響科學推理作業的機制：語文資料分析

計畫編號：NSC 91-2511-S-009-009

執行期限：92 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：洪瑞雲<sup>1</sup>

計畫參與人員：黃文毅<sup>1</sup> 孫正大<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國立交通大學工業工程與管理學

### 一、摘要

影響科學發現的因素有三：領域知識、思考策略、及型態辨識 (Klahr & Simon, 1999)。本研究的目的即在探討其中的思考策略及型態辨識在科學發現作業上的貢獻。型態辨識是指由資料中認出規則性及規範此規則性的屬性。我們推論法則發現過程含假設產生與假設驗證兩部分。當人要由有限的案例去推測其背後的法則 (假設) 時，他必須在一個法則或型態的集合中去辨識出可解釋已知案例的可能法則；假設驗證則是運用策略產生新的案例以利型態的辨識、或法則的判斷。我們由 106 個大學生從事 246 作業的過程中發現，預測法則發現的重要因素為假設的提出及測試的證據獲得專家程度的肯證；而法則中所含的正確屬性的掌握則主要是依賴一些簡單的測試策略已對自己提出的假設中的屬性作修改。此外，資料也顯示兩人合作以進行法則發現作業時，發現的正確法則數多於個別組、且合作組所掌握的關鍵屬性高於個別組，但此二人在事後單獨解題時，不論是正確法則或正確的關鍵屬性量上皆無差異，顯示合作主要的功效在領域知識的擴展。在解

題過程中從事解釋對屬性的掌握沒有直接的助益，但可促進思考策略的運用。

關鍵詞：科學發現、型態辨識、思考策略、合作、解釋。

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the factors such as pattern recognition and reasoning heuristic in scientific discovery and the effect of collaboration and explanation on these process factors. To discover the rule behind a limited number of instances, one must be able to recognize the possible patterns/regularities in the observed instances. To vindicate the rule, one has to generate and test new instances in a manner that the hypothesized patterns or rules can be discriminated and the correct rule can be decided (Klahr & Simon, 1999). The data from 105 college students solving 246 tasks showed that formation of hypotheses (thus, pattern recognition) and collection of positive evidences contribute positively to rule discovery.

Reasoning strategy nevertheless is central to identification of critical features that constitute a hypothesis. Working in dyad contributed positively to extraction of critical features in the problem and enhanced rule discovery. The benefit of collaboration on scientific discovery thus seems to lie in enrichment of domain knowledge and feature identification. Explanation, in contrast, appears to highlight students' falsification behaviors.

Key words: scientific discovery, pattern recognition, reasoning heuristic, collaboration, explanation.

## 二、緣由與目的

科學推理的歷程含有假設產生與假設測試兩個階段。就假設產生而言，科學法則或知識的推導過程中，先是科學家透過他的經驗去觀察到某些現象（稱為案例），並應用他的專業知識去分析、推論造成這些現象的理由，此即假設。由於假設是科學家根據自己的想法推導出來的，此假設是否可對應到客觀世界中的真相，科學家本人並無法確定，因此必須以客觀的方式加以檢定。

Klahr & Simon (1999) 指出科學家發現法則的歷程相當於一連串問題解決的活動，在這過程中有三個因素會影響一個人是否能提出良好的假設並設計適當的實驗以驗證假設，一為相關的領域知識、一為一些簡單的思考的策略 (heuristics)、最後則是辨識 (recognition) 的能力。所謂辨識能力是

指型態辨識 (pattern recognition)，即由資料中辨認出有意義的規則性以作為法則導出的依據 (Harverty, Koedinger, Klahr, & Alibali, 2000)。一個型態是由一組屬性 (feature) 以特殊固定的關係 (configuration) 重複呈現。型態辨識因此包含由所觀察到的事物中去分析、抽取出相關屬性與組合屬性間關係等兩項認知作業。由此推論，一個科學家和常人不同之處之一是在於他們的長期記憶中含有大量的知識，允許他們在此知識庫中搜尋、找到可以解釋觀察到的現象的有意義型態。在長期記憶的知識庫中搜尋可用的知識型態所使用的思考方式及稱為思考策略。思考策略可分成強策略 (strong method) 與弱策略 (weak method)。強策略指的是專門領域中發展出來的特定解題與推論方法，如數學規劃或邏輯推演。弱策略指的是一般人普遍會使用的經驗式的解題技巧如嘗試錯誤 (generate and test)、手段與目的分析 (means-ends analysis)、類比等。這些弱策略的共同特徵是它們是人在找不到正確解題方法時，其認知系統自然會由重複嘗試的經驗中發展出來的一些趨近目標的方式。這些弱策略並不保證可以找到最佳解或正確解答，但卻是人在陷入困境時，解困的一些認知策略，具有高度的普遍性與一般性。

Klahr & Simon 強調，由於科學發現時所面對的都是前人不曾解過的問題，因此強策略在此並無太大的助益；相反的，由於科學發現有賴科學家以超乎原領域的角度來思考問題，弱策略反而會是主要的思考策略。因此本研究的目的即在探討在法則發現

的作業中影響大學生的型態辨識與思考策略的因素。

此外，就科學活動而言，每個科學家都有屬於自己的學術社群。與同儕之間的交流是科學的學術活動之一。然直接探討合作對科學推理的重要性的實證研究並不多。有少數研究顯示，合作的情境有助於產生較佳的假設（Laughlin & Hollingshead, 1995），但合作對提高證偽的次數的效果則不明顯(e.g., Gorman, Gorman, Latta, & Cunningham, 1984; Groman & Gorman, 1984)。

解釋是一種個人的認知活動。人對自己的認知活動、內容加以解釋有助於教材的學習，且可增加對閱讀材料的批判思考能力、及問題解決與決策能力(Chi, Bassok, Lewis, Reimann, & Glaser, 1989; Chi, de Leeuw, Chiu, & LaVancher, 1994; Cacioppo, et al., 1996; Stanovich & West, 1999; VanLehn, 1998; Keil & Wilson, 2000)。

本研究的另一目的在澄清合作與解釋對科學法則發現的影響機制。就前面的分析而言，假設形成所需的條件是相關領域的知識。在沒有相關領域的知識的引導的情形下，人要在紛亂的現象中整理出一個條理、秩序是不可能的。吳庭瑜、吳明樺、和洪瑞雲(1998)以及洪瑞雲與吳庭瑜(2002)的研究指出，有過合作經驗解歸納問題的大學生，事後可以直覺的提出較正確的初始假設，而可以不須太多的假設檢定過程就得到正確的結論。由此推論，合作的效果可能是由「專業知識的分享」，豐富了個人的知識，進而提昇了對可能法則的型態辨識的敏感度而致。相反的，解釋對法則發現

的影響是在促使受試者產生較多樣的假設及較多樣的測試方法。透過對自己的認知活動的解釋，我們可能對問題的特徵有較深刻的反省與認識，而由反應所得到的回饋，若個人能加以整理、反芻，也可幫助我們對問題與此問題所對應的反應方式有一較確實的掌握。解釋的作用整體而言是在養成一個比較認真、嚴謹、多方思考的思考者。

教導與學習科學推理的技能是個重要的問題，如果一般人雖可以在熟悉的領域中學會有效的產生假設、測試假設；但換個不熟悉的領域則不行，則其思考能力仍是有極大的限制的。如果解釋的作用可養成一個較周延的思考者，則它極可能是訓練一個不受領域影響的科學思考能力的簡易的方法了。此外，合作團隊的功效益否只來自知識的分享（假設形成階段），它對思考策略的培養是否真的沒有長期的影響？這些問題的澄清有助於我們規劃出更好的科學教育與工作團隊。

在研究中我們將大學生隨機分派至 2（合作、個別） $\times$  2（有、無解釋）的情境中，先以經驗的方式學習解 6 個類似 Wason 的 2-4-6 問題的數字問題，然後再以個別的方式接受另 3 個數字問題。受試者的解題過程。

## 二、方法

### 受試者

105 個大學生，其中一半的人以隨機的方式配對形成 2 人一組，再將每組學生隨機分派至有解釋或無解釋的學習情境中。剩餘的學生隨機分派至

有解釋或無解釋的個別學習情境中。  
科學推理作業

本研究中的實驗材料係以類似 Wason 的 2-4-6 作業 (Wason & Johnson-Laird, 1972) 的方式設計的。練習 (2 數字題)、學習階段 (6 數字題)、及測試階段 (3 數字題) 自變項之操弄

本研究學習階段的主要目的是 (1) 希望透過提供受試者正確答案做為回饋可以促進受試者掌握正確的科學推理方法, (2) 進行自變項的操弄。在此階段受試者將分別在合作或個別的情境下進行六個數字的法則發現作業; 同時, 在不同學習環境下的受試者有一半將被教導要在解題的過程中進行「解釋」的活動, 一半受試者則沒有此種教導。學習環境及解釋的操弄說明如下:

應變項之測量

法則發現的工作就假設的產生部分而言, 主要衡量的是受試者由案例中萃取出來的屬性及其所架構出來的屬性間關係, 以假設數目、假設的種類、假設中的屬性數, 屬性的內容等向度來探討型態辨識的行為。就假設的測試方面而言, 分別衡量使用的假設修訂策略、找出正確的法則數、以及結論中的法則的種類。就假設的種類、假設修訂策略部分而言, 我們由受試者解決問題時之口語及書面資料中判斷其使用的假設與真實法則的關係是重疊、大於、小於、等於的關係或完全無關。在遇到需要修改假設時, 其修改假設的策略是以增加屬性、或刪除屬性、提出新假設、或同時增、刪屬性的方式進行。

實驗程序

本研究的實驗程序主要分三個階段: 一為說明及練習階段, 一為學習階段, 最後是測試階段。

學習階段。經過兩個練習題之後, 受試者將在各自的實驗情境中, 嘗試去解六個題目 (數字字串), 實驗者會在旁為其假設的測試案例是否符合法則提供立即的回饋; 在受試者宣告其最後決定的法則後, 並告訴他們正確的法則做為回饋。

測試階段。在完成學習階段的六個學習作業後, 所有的受試者都得單獨完成另外三個法則發現作業。在過程中實驗者亦對每一測試案例提供回饋, 但在受試者最後宣告其發現的法則時並不提供真實法則給受試者比對。

### 三、結果與討論

#### 1. 法則發現的歷程因素

由全體受試者在各變項間的簡單相關可以看出與正確率成正相關的變項依序為: 提出正確假設 (學習與測試階段,  $r = .34, .35, p < .001$ )、提出範疇大於真實法則的起始假設 (學習與測試階段,  $r = .22, .20, p < .05$ ) 提出範疇大於真實法則的假設 (學習階段,  $r = .32, p < .001$ )、肯證的次數 (學習與測試階段,  $r = .36, .29, p < .01$ )、證偽測試數等 (學習階段,  $r = .20, p < .05$ )、否證次數 (學習階段,  $r = .20, p < .01$ )。與正確率成負相關的變項為提出範疇包含了真實法則的起始假設 (學習階段,  $r = -.26, p < .01$ , 測試階段,  $r = -.20, p < .05$ ), 及起始假設中的屬性數目 (學習與測試階段,  $r = -.32, p < .01, r = -.19,$

$p < .05$ )。

下面以回歸分析的方式探討在法則發現作業中影響發現正確法則及發現正確法則中屬性的因素

學習階段。以所有與假設產生與假設測試的歷程變項為預測子，正確法則數為應變項時，複相關係數為.70 ( $R^2 = .49, p < .001, N = 97$ )。逐步回歸分析的結果，5 個主要的預測法則發現的因素共解釋了 37% 的總變異， $F(5/91) = 10.63, p < .001$ 。這些變項依序為：測試案例得到肯證的次數( $\beta = .33$ )、起始假設中的屬性數( $\beta = -.18$ )、提出正確的假設( $\beta = .28$ )、測試的無關屬性次數( $\beta = -.34$ )、提出與真實法則對立的假設數( $\beta = .24$ )。由於真實法則為未知，測試案例得到肯證的次數、提出正確的假設、提出與真實法則對立的假設數等變項可視為是運氣或機率因素，因此，只有起始假設中的屬性數、測試的無關屬性次數兩個因素為受試者可直接控制的因素，顯示掌握問題情境中的屬性是法則發現的重要因素。

以所有與假設產生與假設測試的歷程變項為預測子，測試中所含的正確屬性數為應變項時，複相關係數為.97 ( $R^2 = .94, p < .001, N = 97$ )。逐步回歸分析的結果，發現正確屬性的九個預測因子中前 3 個均是與假設修正相關的策略變項、分別是一次增加一個屬性( $\beta = .38$ )、同時增刪一個以上之屬性( $\beta = .30$ )、及一次刪除一個屬性( $\beta = .18$ )等三個修改假設的方式，這三個變向共解釋了 84% 的全部變異量。加入另外 6 個預測子，與假設產生數及種類相關的變項以及所測試的不相關屬性數%，只解釋了 9% 的額外變異

量。這 9 個變項共解釋了 93% 的全部變異量， $F(9/87) = 134.30, p < .001$ 。同樣的，由於受試者實際上並無法知道假設與真實法則間的關係，因此上述發現顯示受試者掌握問題中的相關屬性的方式主要為一開始即盡量由問題中萃取出屬性( $\beta = .29$ )，接下來在使用不同的假設修訂方式來確定這些屬性的正確性。

測試階段。以所有與假設產生與假設測試的歷程變項為預測子，正確法則數為應變項時，複相關係數為.62 ( $R^2 = .38, p < .001, N = 109$ )。逐步回歸分析的結果顯示發現正確法則的五個預測因子依序為：提出正確法則( $\beta = .32$ )、測試案例得到肯證的次數( $\beta = .33$ )、提出包含範圍較真實法則大的起始假設( $\beta = .24$ )、一開始就提出與真實法則對立的假設( $\beta = .24$ )、及測試案例得到否證的次數( $\beta = -.21$ )；這幾個變項共解釋了 30% 的全部變異量， $F(5/104) = 8.88, p < .001$ 。

以所有與假設產生與假設測試的歷程變項為預測子，測試中所含的正確屬性數為應變項時，複相關係數為.97 ( $R^2 = .93, p < .001, N = 109$ )。逐步回歸分析的結果(表 4)，發現正確屬性的九個預測因子中 8 個是與假設的數目及種類相關的變項，以及所測試的不相關屬性數。這 9 個變項共解釋了 92% 的全部變異量， $F(9/100) = 124.80, p < .001$ 。其中前 5 個變項依序為：提出包含範圍較真實法則小的假設總數( $\beta = .47$ )、假設數( $\beta = .89$ )、提出包含範圍較與真實法則無關的假設總數( $\beta = -.28$ )、提出正確法則( $\beta = .15$ )、測試的無關屬性次數( $\beta = -.53$ )。

由於受試者在此 3 數字題前已有 6

題的學習經驗(有正確法則的回饋),在此階段又無正確法則的回饋,因此我們推論這是為什麼在此階段假設產生的活動比假設檢定的活動測試策略對法則發現有較大貢獻的主要理由。

## 2. 合作與解釋的效果

法則發現的正確率。合作的效果在法則發現的正確率上重部分重現吳庭瑜、吳明樺、和洪瑞雲(1998)的研究結果。在學習階段,合作組( $M = 2.79$ ,  $SD = 1.26$ ,  $N = 42$ )發現的正確法則數顯著高於個別解題組( $M = 2.09$ ,  $SD = 1.31$ ,  $N = 55$ ),  $F(1/93) = 5.80$ ,  $p < .05$ 。解釋的效果則不顯著, $F(1/93) = 1.02$ ,合作與解釋間也無交互作用  $F(1/93) = 0.96$ 。合作的情形下( $M = 27.36$ ,  $SD = 9.05$ ),受試者得到的否認數也較個別組多( $M = 21.00$ ,  $SD = 8.62$ ),  $F(1/93) = 11.79$ ,  $p < .001$ ,及做了較多的證偽測試(合作,  $M = 11.26$ ,  $SD = 8.32$ ; 個別,  $M = 6.60$ ,  $SD = 7.07$ ),  $F(1/93) = 8.52$ ,  $p < .01$ ,解釋的作用則只出現在有較多的證偽測試(解釋,  $M = 10.44$ ,  $SD = 9.07$ ; 無解釋,  $M = 7.29$ ,  $SD = 6.78$ ),  $F(1/93) = 3.59$ ,  $p < .06$ ,及較少使刪除屬性的方式來修訂假設(解釋,  $M = 1.39$ ,  $SD = 1.55$ ; 無解釋,  $M = 2.80$ ,  $SD = 3.11$ ),  $F(1/93) = 7.09$ ,  $p < .01$ ,此外解釋與合作在提出新假設方面則有顯著的交互作用  $F(1/93) = 9.28$ ,  $p < .01$ ,合作但無解釋組產生最多的新假設( $M = 11.13$ ,  $SD = 8.14$ ),個別且無解釋組產生的新假設最少( $M = 4.94$ ,  $SD = 4.78$ ),在有解釋的兩組中,合作( $M = 6.74$ ,  $SD = 5.97$ )或個別解題( $M = 8.14$ ,  $SD = 5.02$ )產生的新假設數則極

相近。

在測試階段,合作與解釋的對正確率則皆無影響。且合作對解題的歷程變項幾乎全無影響。相反的,解釋組測試時得到的否認數仍顯著較高(解釋,  $M = 13.16$ ; 無解釋,  $M = 11.07$ ),證偽測試數也顯著較高(解釋,  $M = 5.55$ ; 無解釋,  $M = 3.68$ )。解釋與合作的交互作用在產生新假設數上仍然顯著,仍然是合作但無解釋組產生最多的新假設( $M = 5.57$ ),個別且無解釋組產生的新假設最少( $M = 2.45$ ),在有解釋的兩組中,合作( $M = 3.48$ )或個別解題( $M = 4.59$ )產生的新假設數則極相近。

## 3. 假設中的屬性分析

為了進一步解釋合作與解釋影響法則發現的方式,我們特地分析了受試者假設中所發現的真實法則中的屬性的數目,亦即,在學習階段,透過實驗者所給的回饋,受試者其實可以逐漸掌握真實法則中的屬性,他們可應用這些屬性來建立一個法則空間以縮小假設搜尋的範圍,並在測試階段應用這些辨識出來的屬性進行假設產生與測試的活動。我們分別計算受試者在學習階段在6題數字題中所發現的關鍵屬性的個數,以及在測試階段在3題數字題中所發現的關鍵屬性的個數,並分別計算他們在對這些關鍵屬性所進行的測試總數、及去除對同一屬性重複測試的情形之後,每一題中測試的不同關鍵的數目。這三個量數與學習階段的正確率成低的正相關(分別是, .08, .14, .16);與測試階段的正確率相關分別是.05, .10, .10。



**型態辨識。**在學習與測試階段 9 個法則發現作業中共含 14 個數字屬性。在測試階段 3 個法則發現作業中的屬性均包含在學習階段的屬性集中。

**學習階段之型態辨識。**資料分析的結果顯示，在學習階段，受試者由解 6 個練習題的過程中所掌握到的法則中的關鍵數字屬性總數平均在 10 至 11 個之間，亦即整體而言受試者透過回饋掌握了 78% 問題情境中的 14 個關鍵屬性。受試者所測試過的所有屬性約 74% 均是落在這些關鍵屬性的範疇之中，不因合作或解釋與否而有差異。單就各組找出的問題中的關鍵屬性數而言，變異數分析的結果，僅合作的效果接近顯著程度， $F(1/61) = 3.02$ ,  $p < .09$ 。其中，合作組辨識的數字屬性 ( $M = 11.00$ ,  $SD = 0.86$ ,  $N = 20$ ) 比個別組 ( $M = 10.42$ ,  $SD = 1.37$ ,  $N = 45$ ) 稍多。受試者在每一問題中平均測試的不重複關鍵屬性數目則出現接近顯著度的合作與解釋的交互作用， $F(1/61) = 2.88$ ,  $p < .10$ 。主要的差異出現在合作且有解釋與合作但無解釋的兩組之間，合作但無解釋組在每一問題中會測試的關鍵屬性 ( $M = 25.90$ ,  $N = 10$ ) 高過合作且有解釋組 ( $M = 22.20$ ,  $N = 10$ )；在個別的情境下，解釋 ( $M = 24.21$ ,  $N = 19$ ) 與無解釋 ( $M = 23.04$ ,  $N = 26$ ) 二組在每一問題中所測試的不重複關鍵屬性數則差異不大。這些關鍵屬性在每一問題中被重複測試的關鍵屬性數則無顯著差異。由此判斷，兩人合作的情形下，對已知的關鍵屬性(由實驗者所提供之回饋)採取的集中測試(或分散測試)的程度可能因解釋的要求，進而影響合作且有解釋組的法則發現績效(關鍵屬性的測試集中程度與

正確率呈低的正相關， $r = .16$ ,  $n = 65$ )。

**型態辨識-測試階段。**因為各組受試者皆已有 6 次的學習各組在所發現的關鍵屬性上並無差異，測試這些關鍵性屬性的總次數也無差異，在每一問題中所測試的不同關鍵屬性數也無差異。

**測試階段之測試策略。**就 16 個關鍵屬性而言，受試者在 3 題測試題上再度使用的平均有 8.58 個 ( $SD = 1.93$ )，合作或解釋並未造成差異，也無交互作用。就這些關鍵屬性所進行的重複測試總次數或每一問題中測試所含的關鍵屬性個數而言，合作或解釋也並未造成差異，也無交互作用。關鍵屬性測試的比率：若就每一題測試的總數中裡所涵蓋的所有屬性中關鍵屬性測試的比率而言，學習階段的平均比率是 .73，合作與解釋對此比率沒有產生任何影響。到測試階段時，關鍵屬性的測試比率上升到 .80，合作與解釋的交互作用顯著， $F(1/79) = 3.90$ ,  $p < .05$ 。主要的差異出現在合作但無解釋組在的所有測試的屬性中關鍵屬性的測試率 ( $M = 0.74$ ,  $N = 20$ ) 低於合作且有解釋組 ( $M = 0.82$ ,  $N = 20$ )，顯示合作時無解釋組的集中測試策略到個別測試時並無法延續、反而是合作且有解釋組對關鍵屬性採取了較集中測試的策略。在個別的情境下學習者到測試時，有解釋組 ( $M = .79$ ,  $N = 18$ ) 與無解釋 ( $M = .82$ ,  $N = 25$ ) 二組測試的集中程度差距則較小。

就每一問題中所測試的不重複關鍵屬性數與不重複的屬性總數間的比率而言，學習階段的平均比率是 .70，合作與解釋對此比率沒有產生任何影

響。到測試階段時，關鍵屬性的測試比率上升到 .78，合作與解釋也出現接近顯著程度的交互作用， $F(1/79) = 3.24$ ， $p < .08$ 。主要的差異出現在合作且有解釋組所測試的關鍵屬性佔全部不重複屬性的比率( $M = 0.82$ ) 高於合作且無解釋組( $M = 0.73$ )，顯示合作時無解釋組到個別測試時所測試的關鍵屬性比率下降、反而是合作且有解釋組對關鍵屬性測試的涵蓋面較大。在個別的情境下學習者到測試時，有解釋組( $M = .78$ )與無解釋( $M = .80$ )二組所測試的屬性中關鍵屬性的涵蓋面差距不明顯。

較由此判斷，兩人合作的情形下，對已知的關鍵屬性(由實驗者所提供之回饋)採取的集中測試(或分散測試)的程度可能因解釋的要求，進而影響合作且有解釋組的法則發現績效(關鍵屬性的測試集中程度與正確率呈低的正相關， $r = .16$ ， $n = 65$ )。但倒是後需要個別解題時，合作且無解釋要求組的受試者，在缺乏另一個人的知識之支援下，對關鍵屬性的測試程度將會下降

#### 四、結論與自評

本研究的結果指出，促成科學法則發現的因素主要為提出恰當的假設及測試的證據獲得專家程度的肯證，而測試的證據被專家的否定則對法則的發現有負面的影響。假設的提出需要領域知識才能由模糊的問題情境中分離出關鍵的屬性，證需要良好的領域知識在其他研究早已指出，科學發現的過程中，真實法則是無從得知的，因此科學家在研究過程中如何才

能趨近真實法則，其他科學家能否提供專家程度的肯證就是一個重要的因素。其他專家對自己所掌握的證據加以反駁時，則對法則發現有不利的影響，這結果和一般的直覺不同。一般而言，研究中受試者舉出的測試案例得到否證時，他們幾乎必然會回去修訂原先的假設，但若修改假設的方式不恰當，則可能離真實法則越來越遠，來自專家的持續的否證極可能打擊受試者的信心。研究中我們也觀察到部分受試者因此而草率的在不顧各種負面的證據下隨便下一個結論或放棄嘗試。專家如何提供肯證與否證因此也是科學教育的一個重點。

就修改假設的策略而言，一次增加一個屬性或一次刪改一個屬性都可促進關鍵屬性的確認，甚至一次同時增加或刪改一個以上的策略都屬性可促進關鍵屬性的確認。令人意外的是，提出新假設對關鍵屬性的發現沒有明顯助益，可能的解釋是提出新假設時等於放棄了原先的假設中的所有屬性，讓問題回到原點，因而增加了法則發現的困難度。另一個可能的解釋是提出新假設對法則發現的貢獻已由假設相關的變項解釋了，因此在回歸分析中，此變項的貢獻便不再顯著。

科學發現是複雜的創造思考活動，合作有助於擴展個人的知識空間，解釋則有利於自己對自己的想法加以質疑，二者對假設產生的相關變項和假設測試策略各有其功能，值得科學教育者與科學工作者參考。

本研究所蒐集到的語文資料相當龐大，這些資料的分析曠日廢時，目前尚未完全分析完，有待繼續。

## 五、參考資料

吳庭瑜、吳明樺、洪瑞雲(1998)。合作學習、解釋及發問架構提示對歸納推理表現的影響。中華心理學刊, 40, 117-136。

洪瑞雲、吳庭瑜(2002)。法則發現的背後：合作學習與提供解釋對科學推理技能或得的影響。應用心理研究, 15, 129-161。

Cacioppo, J. T., Petty, R. E., Feinstein, J. A., & Jarvis, W. B. (1996). Dispositional differences in cognitive motivation: The life and times of individuals varying in need for cognition. *Psychological Bulletin, 119*, 197-253.

Chi, M. T. H., Bassok, M. Lewis, M., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanation: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science, 13*, 145-182.

Chi, M. T. H., de Leeuw, Chiu, M-H, & LaVvancher, C. (1994). Eliciting self-explanation improves understanding. *Cognitive Science, 18*, 439-477.

Gorman, M. E. & Gorman, M. E. (1984). A comparison of disconfirmatory, confirmatory and control strategies on Wason's 2-4-6 task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 36*, 629-648.

Gorman, M. E., Gorman, M. E.,

Latta, R. M., & Cunningham, G. (1984). How disconfirmatory, confirmatory and combined strategies affect group problem solving. *British Journal of Psychology, 75*, 65-97.

Haverty, L. A., Koedinger, K. R., Klahr, D., & Alibali, M. W. (2000). Solving inductive reasoning problems in mathematics: Not-so-trivial pursuit. *Cognitive Science, 23*, 249-298.

Keil, F. C. & Wilson, R. A. (2000). *Explanation and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.

Klahr, D., & Simon, H. A. (1999). Studies of scientific discovery: Complementary approaches and convergent findings. *Psychological Bulletin, 125*, 524-543.

Stanovich, K. E., & West, R. F. (1999). Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding/acceptance principle. *Cognitive Psychology, 38*, 349-385.

VanLehn, K. (1998). Analogy events: How examples are used during problem solving. *Cognitive Science, 22*, 347-388.

Wason, P. C., & Johnson-Laird, P. N. (1972). *Psychology of reasoning: Structure and content*. London: Batsford.